

SVERIGE

(12) **PATENTSKRIFT**

(13) **C2**

(11) **517 720**

(19) SE

(51) Internationell klass 7

H01B 1/12, H01G 9/042, H01M 4/60, G02F 1/155



**PATENT- OCH
REGISTRERINGSVERKET**

(45) Patent meddelat 2002-07-09 (21) Patentansöknings-
nummer 9602955-8
(41) Ansökan allmänt tillgänglig 1998-02-09
(22) Patentansökan inkom 1996-08-08 Ansökan inkommen som:
(24) Löpdag 1996-08-08
(62) Stamansökans nummer svensk patentansökan
(86) Internationell ingivningsdag fullföjd internationell patentansökan
med nummer
(88) Ingivningsdag för ansökan om europeisk patent
(83) Deposition av mikroorganism omvandlad europeisk patentansökan
med nummer

(30) Prioritetsuppgifter

(73) PATENTHAVARE Olle Inganäs, Wernersgatan 13 582 46 Linköping SE
(72) UPPFINNARE Olle Werner Inganäs, Linköping SE, Jennie Anne Catarina
Carlberg, Linköping SE
(74) OMBUD - - -
(54) BENÄMNING Elektrokemiska komponenter baserade på polymerer
(56) ANFÖRDA PUBLIKATIONER:
SE B 443 894, EP A2 450 581, EP A2 339 340, US A 4 557 807
(57) SAMMANDRAG:

Elektrokemiska komponenter i vilka konjugerade polymerer används, vars funktion bestäms av att förändringar av polymerernas oxidationstillstånd används för att åstadkomma förändringar av elektronisk ledningsförmåga, optiska egenskaper, elektrokemiska egenskaper, kemisk sammansättning och volym, karakteriseras av att de konjugerade polymererna är ett mono- eller multilager av konjugerade homopolymerer, sampolymerer eller polymerblandningar, och där det första skiktet av dessa är deponerat på ett elektroniskt isolerande substrat, och där det sista skiktet är i kontakt med en elektrolyt.

PRV Patent använder följande dokumentkoder för sina patentskrifter

kod	klartext	kod	klartext
A	allmänt tillgänglig patentansökan	L	allmänt tillgänglig
B	utläggningsskrift *	T1	översättning av kraven i europeisk patentansökan
B5	rättad utläggningsskrift *	T2	rättelse av översättning av kraven i europeisk patentansökan
C	patentskrift *	T3	översättning av europeisk patentskrift
C1	patentskrift *	T4	översättning av europeisk patentskrift i ändrad avfattning
C2	patentskrift	T5	rättad översättning av europeisk patentskrift
C3	rättad patentskrift	T8	rättad översättning av europeisk patentskrift
C5	rättad patentskrift *	T9	korrigerad översättning av europeisk patentskrift
C8	korrigerad förstasida till patentskrift		
E	patentskrift i ändrad lydelse		
E8	korrigerad förstasida till patentskrift i ändrad lydelse		
E9	rättad patentskrift i ändrad lydelse		

* publicerad under äldre lagstiftning

Nationskoder

AP	African Regional Industrial Property Organization (ARIPO)	CN	Kina	KI	Kiribati	RU	Ryska Federationen
EA	Euroasian Patent Office (EAPO)	CO	Colombia	KM	Comoreerna	RW	Ruanda
EP	Européiska Patentverket (EPO)	CR	Costa Rica	KN	St Kitts	SA	Saudi-Arabien
OA	African Intellectual Property Organization (OAPI)	CU	Kuba	KP	Dem. Folkrepubliken Korea	SB	Salomonöarna
WO	World Intellectual Property Organization (WIPO)	CV	Kap Verde	KR	Republiken Korea	SC	Seychellerna
IB	WIPO (i vissa fall)	CY	Cytern	KW	Kuwait	SD	Sudan
AD	Andorra	CZ	Tjeckiska republiken	KY	Cayman-barna	SE	Sverige
AE	Förenade Arabemiraten	DE	Tyskland	KZ	Zachstan	SG	Singapore
AF	Afghanistan	DJ	Djibouti	LA	Laos	SH	St Helena
AG	Antigua	DK	Danmark	LB	Libanon	SI	Slovenien
AI	Anguilla	DM	Dominica	LC	Saint Lucia	SK	Slovakien
AL	Albanien	DO	Dominikanska republiken	LI	Liechtenstein	SL	Sierra Leone
AM	Armenien	DZ	Algeriet	LK	Sri Lanka	SM	San Marino
AN	Nederländska Antillerna	EC	Ecuador	LR	Liberia	SN	Senegal
AO	Angola	EE	Estland	LS	Lesotho	SO	Somalia
AR	Argentina	EG	Egypten	LT	Litauen	SR	Surinam
AT	Österrike	ES	Spanien	LU	Luxembourg	ST	São Thomé
AU	Australien	ET	Etiopien	LV	Lettland	SV	El Salvador
AZ	Azerbajdzjan	FI	Finland	LY	Libyen	SY	Syrien
BA	Bosnien och Hercegovina	FJ	Fiji-barna	MA	Marocco	SZ	Swaziland
BB	Barbados	FK	Falklandsöarna	MC	Monaco	TD	Tchad
BD	Bangladesh	FR	Frankrike	MD	Moldavien	TG	Togo
BE	Belgien	GA	Gabon	MG	Madagaskar	TH	Thailand
BF	Burkina Faso	GB	Storbritannien	MK	Makedonien	TJ	Tadzjikistan
BG	Bulgarien	GD	Grenada	ML	Mali	TM	Turkmenistan
BH	Bahrain	GE	Georgien	MM	Myanmar	TN	Tunisien
BI	Burundi	GH	Ghana	MN	Mongoliet	TO	Tonga
BJ	Benin	GI	Gibraltar	MR	Mauritanien	TR	Turkiet
BM	Bermuda	GM	Gambia	MS	Monsterrat	TT	Trinidad och Tobago
BO	Bolivia	GN	Guinea	MT	Malta	TV	Tuvalu
BR	Brasilien	GQ	Ekvatorial Guinea	MU	Mauritius	TW	Taiwan
BS	Bahamaöarna	GR	Grekland	MV	Maldivena	TZ	Tanzania
BT	Bhutan	GT	Guatemala	MW	Malawi	UA	Ukraina
BW	Botswana	GW	Guinea-Bissau	MX	Mexiko	UG	Uganda
BY	Vitrysland	GY	Guyana	MY	Malaysia	US	Förenta Staterna (USA)
BZ	Belize	HK	Hongkong	MZ	Mocambique	UY	Uruguay
CA	Kanada	HN	Honduras	NA	Namibia	UZ	Uzbekistan
CF	Centralafrikanska Republiken	HR	Kroatien	NG	Nigeria	VA	Vatikanstaten
CG	Kongo	HT	Haiti	NI	Nicaragua	VC	St Vincent
CH	Schweiz	HU	Ungern	NL	Nederlanderna	VE	Venezuela
CI	Elfenbenskusten	ID	Indonesien	NO	Norge	VG	Jungfruöarna
CL	Chile	IE	Irland	NP	Nepal	VN	Viet Nam
CM	Kamerun	IL	Israel	NR	Nauru	VU	Vanuatu
		IN	Indien	NZ	Nya Zeeland	WS	Samoa
		IQ	Irak	OM	Oman	YD	Syd-Jemen
		IR	Iran	PA	Panama	YE	Jemen
		IS	Island	PE	Peru	YU	Yugoslavien
		IT	Italien	PG	Papua Nya Guinea	ZA	Sydafrika
		JM	Jamaica	PH	Filippinerna	ZM	Zambia
		JO	Jordanien	PK	Pakistan	ZR	Zaire
		JP	Japan	PL	Polen	ZW	Zimbabwe
		KE	Kenya	PT	Portugal		
		KG	Kirgistan	PY	Paraguay		
		KH	Kambodja	RO	Rumänien		

Det är väl känt att konjugerade polymerer kan användas för att lågra laddning och energi under redoxprocesser, via oxidation eller reduktion av den konjugerade polymeren. Detta åstadkommes genom att välja sådana potentialer att polymeren oxideras eller reduceras, samtidigt som polymeren står i kontakt med en fast eller flytande elektrolyt vilken försörjer polymeren med anjoner eller katjoner, vilka flyter in eller ut ur polymeren för att kompensera den injicerade elektroniska laddningen. Det är likaså väl känt att samtidigt sker en förändring av den elektroniska konduktiviteten i den konjugerade polymeren, liksom en förändring av polymerens optiska absorption (elektrokromism). Sådana processer utnyttjas normalt genom att placera den konjugerade polymeren i nära fysisk kontakt med en strömbärare, en metallisk eller halvledande elektrod. I de flesta fall används en tunn polymerfilm ovan en elektrod, där polymerfilmen också står i kontakt med en elektrolyt. Redoxprocesser i polymeren kräver att både joner och elektroner/hål kan transporteras i polymeren. I allmänhet finner man att jonledningsförmågan är lägre än den elektroniska ledningsförmågan i konjugerade polymerer, något som är sant såväl om polymeren är dopad med hög elektronisk ledningsförmåga, eller neutral med låg elektronisk ledningsförmåga. Strömbäraren är i allmänhet nödvändig för att begränsa resistansen i systemet på väg från den elektrokemiskt aktiva polymeren till drivkretsen. Strömbäraren är oftast en metall, exempelvis guld eller platina, men också transparenta metalloxider som indium tenn oxid kan användas. Strömbäraren är nödvändig för att accelerera redoxomvandlingarna i den konjugerade polymeren.

En transparent elektrod är ofta använda i elektrokroma system, ofta benämnda smarta fönster, där en konjugerad polymer används som en av de elektroaktiva elektroderna. Här önskar vi reglera den optiska transmissionen eller reflektionen från en elektrokemisk cell, genom att förändra oxidationstillståndet i en polymerelektröd. För elektrokroma system som avses fungera i transmissionsmod, är det centralt att ha optiskt transparenta elektroder, åtminstone i det tillstånd som ger hög transmission. Indium tenn oxid (ITO) används oftast för detta ändamål, då den är gott ledande och har mycket god transparens, och normalt inte direkt deltar i elektrokemiska processer.

Polymeren PEDOT (poly(3,4-etylendioxy-tiofen)) är väl dokumenterad i patentlitteraturen (EP O 339 340 A2) och beskrivs också i några få vetenskapliga uppsatser, exvis Qibing Pei, Guido Zuccarello, Markus

Ahiskog and Olle Inganäs: "Electrochromic and highly stable poly(3,4-ethylenedioxythiophene) gives blue-black and transparent sky blue colors" Polymer 35(1994) 1347-1351.

Det är en mycket stabil polymer i sitt dopade tillstånd, med hög konduktivitet, och ett litet bandgap. Detta medför att polymeren är blåsvart i sitt neutrala tillstånd, men att oxidation medför att den färgen försvinner och att ny optisk absorption skapas i det infraröda området. Polymeren är då närmast transparent med en svag himmelsblå färg. Detta är mycket attraktivt för elektrokroma system. Det är också en polymer med god elektrokemisk stabilitet, vilket betyder att den kan cyklas många gånger mellan dopad och neutral form(Carlberg et.al., [Solid State Ionics, 69, (1994) 145], och är därför attraktiv för polymerbatterier och superkapacitanser

En metod för att tillverka PEDOT med kemiska metoder på i stort sett godtyckligt substrat har utvecklats av Bayer AG och Philips (EP 0 339 340 A2). Med denna metod kan tunna antistatiska skikt av PEDOT prepareras på polymera ytor. Det har demonstrerats hur detta skikt kan användas för att elektroreducera koppar från ett koppar salt i en elektolyt, för att metallisera polymerytor med ett tunt skikt av koppar. (D.M.De Leeuw, Synthetic Metals 66(1994) 263)).

Vi har funnit att skikt av PEDOT kan användas i elektrokemiska oxidations- och reduktionsprocesser, utan att använda en elektrod som strömbärare. Såväl optiska, elektrokemiska som elektriska studier visar att PEDOTskiktet mycket snabbt kan oxideras och reduceras, också i frånvaro av en strömbärande elektrod. Sådana resultat har observerats både i kontakt med vätske elektrolyter och fasta polymera elektrolyter. Detta ovanliga beteende, som vi inte har observerat hos andra polymerer, kan förstås om PEDOT har hög jonmobilitet, samt en extraordinär hålmobilitet. Denna höga mobilitet för hål, ger en avsevärd elektronisk ledningsförmåga till polymeren också i dess neutrala tillstånd, framställd genom kemisk eller elektrokemisk reduktion av en dopad PEDOTfilm. Denna höga elektroniska ledningsförmåga är en viktig förklaring till den snabba oxidation och reduktion vi observerar i PEDOT filmer

Det är därför möjligt att bygga elektrokemiska komponenter där dopningsinducerade förändringar av polymerens elektriska, optiska, mekaniska och kemiska egenskaper används, och i vilka ingen strömbärare behöver användas, eftersom polymeren är sin egen strömbärare. Detta innebär att vi kan eliminera ett skikt i sådana komponenter, vilket reducerar såväl kostnad som komplexitet. Dessutom möjliggörs nya geometrier i gamla

typer av komponenter, såväl som nya komponenter. Det gör det också möjligt att använda ett skikt av polymer som kontakt till andra skikt, för att användas som strömbärande elektrod.

Elektrokroma system

Elektrokroma system är väl dokumenterade. De består ofta av fem tunna filmer sammanfogade i multipelskikt för att ge den önskade tekniska funktionen, modulation av optisk transmission eller reflektion med elektrokemiska metoder. Två elektroaktiva material, var och ett deponerat på en transparent strömbärare (normalt ett ITO skikt) är sammanfogade med en fast elektrolyt emellan. Om komponenten skall användas för transmission är det nödvändigt att de två elektrokroma materialen har komplementära optiska egenskaper. Det skall vara möjligt att lägga en spänning mellan elektroder som gör båda elektroderna transparenta, medan vid en annan spänning elektroderna tillsammans absorberar det mesta av synligt ljus. Det är ofta så att de elektroaktiva materialen är elektroniska isolatorer i ett av sina tillstånd. Därför är det nödvändigt att deponera de elektroaktiva materialen på en transparent strömbärare, för att tillgodose räckvidden för elektron- och hål transport.

Eftersom PEDOT kan fungera som såväl strömbärare och elektrokromt material behöver vi inte använda en transparent strömbärande elektrod, och vi kan därför eliminera det skiktet. Detta gör det möjligt att använda transparenta och billiga substrat, som exempelvis polymerer och där deponera PEDOT, för att tillverka böjliga komponenter. Dessutom innehåller det eliminerede skiktet att vi något ökar den optiska transmissionen, vilket kan vara attraktivt.

Andra elektrokroma system används för att modulera reflektans på en yta, med elektrokemiska metoder. I det fall är det möjligt att använda reflektansmodulationen i ett första lager av PEDOT, med ett efterföljande ljusspridande skikt för att tillverka en elektrokrom yta som varierar mellan vitt och djupblått. Ljuspridningsskiktet kan med fördel kombineras med ett skikt av en polymerelektrolyt, exempelvis genom att addera små ljusspridande partiklar till polymerelektrolyten. I detta fall är det dessutom mest attraktivt att också använda PEDOT som motelektrod, eftersom det kan användas utan att ge något bidrag till de optiska egenskaperna då det görs osynligt av ett ljusspridande skikt. I denna tillämpning bidrar PEDOT-motelektroden endast med elektrokemisk kapacitet och elektronisk

ledningsförmåga, vilket är attraktivt för att reducera antalet skikt; i detta fall räcker det med tre skikt.

Lagring av laddning och energi

Användningen av PEDOT i sekundära batterier rapporteras i patentet EP O 339 340 A2. Det har också rapporterats att PEDOT kan oxideras och reduceras i kombination med transport av lithium katjoner [Carlberg, Solid State Ionics, 69, (1994) 145]. Detta kan användas för att bygga fasta polymerbatterier med PEDOT. I ett sådant batteri kan ett lithiumskikt, ett lithiuminterkalerande kolmaterial eller en lithiumlegering vara anod. Med PEDOT i katoden, som strömbärare och elektroaktivt material blir det möjligt att minska vikt och volym jämfört med de system där en tillsats av elektroniskt ledande material är nödvändigt, utöver det elektroaktiva materialet. Den snabba upp- och urladdningen av sådana elektroder med PEDOT visar också att det kan vara möjligt att använda tjocka skikt av PEDOT i sådana batterier. Dessutom är det möjligt att använda PEDOT som strömbärare till skikt av elektroaktiva konjugerade polymerer deponerade ovanpå PEDOT. Genom detta är det möjligt att ytterligare höja energi och effektäthet i polymerbatterier.

I system där snarare hög effektäthet än hög energitäthet eftersträvas, som till exempel i superkapacitanser för lastutjämning i elektriska fordon, kan PEDOT användas som anod och som katod i kontakt med en elektrolyt med hög konduktivitet, antingen i form av flytande elektrolyt eller fast polymer elektrolyt. En sådan superkapacitans bildas genom att kombinera två PEDOT elektroder, var och en dopad till 50% av maximal kapacitet. Detta gör det möjligt att ladda upp den ena elektroden och ur den andra. Eftersom laddningshastigheten är hög i PEDOT kan vi i tunna filmer uppnå en effektäthet på 2,5 kW/kg, en siffra som dock reduceras när vi går till hela system.

Fotoelektrokemiska komponenter

Kombinationen av oorganiska eller organiska, polymera halvledande fotoelektroder med polymerelektrolyter kräver transport av redox föreningar genom en polymerelektrolyt. Sådana föreningar skall vara såväl lösliga och rörliga i polymerelektrolyten; särdeles många exempel är inte kända idag. Ett studerat system är I_3^-/I^- som är rörligt i polyetylenoxid. (T.A.Skotheim et.al, J.Electrochemical Society 132(1985), 2116). Detta redoxpar är inte reversibelt vid de transparenta ITO elektroder som används i sådaan system; där måste

först ett skikt av platina deponeras på den transparenta elektroden för att få reversibel elektronöverföring mellan elektrod och redoxpar. Ett sådant Pt/ITO skikt kan ersättas av PEDOT, som har en konduktivitet i tunna filmer som är jämförbar med ITO, en lågoptisk absorption i det synliga området, och som dessutom är reversibel mot I_3^-/I^- . Detta förbättrar den optiska transmisionen genom denna kontakt, jämfört med Pt/ITO. Det gör det dessutom möjligt att använda PEDOT på böjliga plastsubstrat som kontakt till polymerelektrolyter. Dessutom kan PEDOT direkt användas som kontakt till halvledande polymera fotoelektroder deponerade på böjliga substrat.

Exempel**1. Tillverkning av PEDOT film för användning i elektrokemiska komponenter**

En film av PEDOT tillverkas enligt följande metod.

4,608 g $\text{Fe}(\text{TsO}_3)_3$ och 0,367 g imidazol löses i 15,0 g n-butanol. 0,506 g 3,4-etylendioxytiofen monomer tillsättes och lösningen omrördes i två timmar.

Därefter sprids lösningen på ett isolerande substrat (glas eller plast, exempelvis polyester) genom att indunstas, eller att doppas i lösningen och avrinna, eller genom att använda spincoating. Filmen torkas i luft. Därefter värmes filmen och substratet till 110 °C i 5-10 minuter. Därefter sköljes filmen i vatten eller etanol så att allt järvätsalt försvinner. Filmens tjocklek varierar mellan 500 - 1500 Å beroende på prepareringsvillkor vid spinning. Den kan vara mycket tjockare vid indunstning. PEDOT filmer som beretts på denna väg befinner sig i sitt dopade tillstånd, med en konduktivitet av 300-500 S/cm, och har tosylationen som kompenserande motjon.

2. Elektrokrom komponent för modulation av optisk transmission, i vilken PEDOT är ett aktivt skikt

En film av PEDOT bereds enligt exempel 1. Detta skikt kombineras med ett tunt skikt (1 μm) av polymerelektrolyt, exvis poly(oxymetylen-oligo(oxyetylen)) (POMOE) komplexerad med LiClO_4 med O/Li i förhållandet 25, samt en litium-dopad vanadin oxid (Li_yVO_x) på ITO deponerat på glas. Eforsom vanadin oxiden har högre coulombsk kapacitet och lägre infärgningskoefficient, så fungerar den som en optiskt passiv motelektrod. En yttre spänningsskälla ansluts till den elektrokemiska cellen, med PEDOT som arbetelektrod och Li_yVO_x som motelektrod. När en spänning av -1.0 V lägges över cellen, så reduceras PEDOT till sitt neutrala tillstånd, elektroner och joner injiceras och färgen förändras inom några sekunder. När spänningen vändes, så att +1.0 V lägges på cellen, återgår PEDOT till sitt dopade och nästa transparenta tillstånd. Den pålagda spänningen ändrar transmissionen från 70 till 30 % mitt i det synliga området. Denna process kan återupprepas tusentals gånger, och både det transparenta och det ogenomskinliga tillståndet bevaras då spänningsförsörjningen avbrytes.

3. Elektrokrom komponent för reflektans modulering med PEDOT som optiskt aktivt skikt och som motelektrod.

Två filer av PEDOT, en med tjocklek < 1000 Å och en med tjocklek > 1000 Å framställs enligt Exempel 1. Dessa skikt lamineras med ett tunt skikt (1 µm) av polymerelektrolyt, exvis poly(oxymetylen-oligo(oxyetylen)) (POMOE) komplexerad med LiClO₄ med O/Li i förhållandet 25, vilken färgats vitt genom att tillsätta ljusspridande partiklar av titandioxid. En yttre spänningsskälla ansluts till den elektrokemiska cellen, med tunn PEDOT som arbetselektrod och tjock PEDOT som motelektrod. När en spänning av -1.0 V läggs på cellen, så reduceras tunn PEDOT till sitt neutrala tillstånd, elektroner och joner injiceras och färgen förändras inom några sekunder. När spänningen vändes, så att +1.0 V lägges på cellen, återgår PEDOT till sitt dopade och nästa transparenta tillstånd. Ytans färg växlar därför mellan vitt och blåsvart.

4. Elektrokrom komponent, baserad på dubbelskikt av konjugerade polymerer med PEDOT som bas

En film av PEDOT prepareras enligt exempel 1, i detta fall på ett flexibelt substrat av polyester. Ovanpå detta skikt av PEDOT prepareras nu ytterligare ett skikt av en konjugerad polymer, eller blandning av sådana polymerer. Detta kan ske genom att med indunstning, doppning eller spincoating från en lösning av polymeren, eller en lösning av blandningen av polymererna, deponera ett skikt. Det kan också ske genom att med elektrokemisk oxidation av konjugerade monomerer växa homo- eller sampaolymerer ovanpå PEDOT, exempelvis sampaolymerer av 3-metyltofen och 3,4-etylendioxytofen, poly(3-metyltofen -co-3,4-etylendioxytofen). Detta dubbelskikt kombineras nu med en film av polymerelektrolyt exvis poly(oxymetylen-oligo(oxyetylen)) (POMOE) komplexerad med LiClO₄ med O/Li i förhållande 25 samt en lithium dopad vanadin oxid (Li_yVO_x) på ITO deponerat på glas. Den samtidiga oxidationen av de olika skikten av konjugerade polymerer ger nu ett nästan transparent himmelsblått skikt, medan de olika polymerens olika absorptionspektra i det neutrala tillståndet nu helt täcker det synliga spektrat, och ger ett svart skikt. Vid intermediär oxidation bestäms de optiska egenskaperna av summan av de enskilda polymerernas optiska egenskaper.

Det är naturligtvis fullt möjligt att utsträcka detta exempel till mer än två skikt.

5. Sekundärt polymerbatteri med PEDOT som strömbärare

En film av PEDOT bereds enligt exempel 1. Detta skikt används som elektrod i en elektrolyt av 0.1 M litium dodecylbensen sulfonat i propylenkarbonat, vilken också innehåller 0.1 M pyrrol. Vid en pålagd potential av 1.2 V vs Ag/AgCl, växer ett skikt av polypyrrrol(dodecylbensulfonat) ovanpå PEDOT skiktet. Detta dubbellager kombineras med ett tunt skikt (1 μm) av polymerelektrolyt, exvis poly(oxymetylen-oligo(oxyetylen)) (POMOE) komplexerad med LiClO₄ med O/Li i förhållande 25, samt en litium folie som motelektrod. Egenskaperna i en sådan cell ges av cellspänning ca 3V, specifik kapacitet ca 50Ah/kg och en energitäthet av mer än 150 Wh/kg. En sådan cell kan urladdas/uppladdas vid en strömtäthet av 50 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ i mer än 10,000 cykler med endast liten förlust av kapacitet.

6. Superkapacitans med PEDOT som anod och katod

Två filmer av PEDOT prepareras enligt Exempel 1. Filmerna på sitt substrat sänks ned i en vätskeelektrolyt (0,1 M LiClO₄ i acetonitril), och anslutes till yttre spänningsförsörjning, som anod respektive katod. Efter uppladdning, där 0,8 V lägges på cellen och högdopar den ena men avdopar den andra, kan superkapacitansen leverera goda effekttätheter (upp till 2,5 kW/kg vid strömtätheten 1 mA/cm² under korta tider <1s. Under urladdning likställs dopningsnivån mellan anod och katod, och cell spänningen sjunker till noll.

7. Ett multipelskikt med PEDOT för användning i en elektrokemiskt aktuator

En film av PEDOT på flexibelt substrat tillverkas enligt exempel 1. Detta skikt används som elektrod i en elektrolyt av 0.1 M litium dodecylbensen sulfonat i propylenkarbonat, vilken också innehåller 0.1 M pyrrol. Vid en pålagd potential av 1.2 V vs Ag/AgCl, växer ett skikt av polypyrrrol(dodecylbensulfonat) ovanpå PEDOT skiktet. Detta dubbelskikt sättes i kontakt med en elektrolyt. Reduktion och oxidation av detta dubbellager leder till volymsförändring och strukturen böjes som ett bimetallband. Denna kan användas som aktuator.

8. PEDOT som ohmsk kontakt till en redox polymer elektrolyt

En film av PEDOT prepareras enligt exempel 1. Detta skikt kombineras med ett tunt skikt (1 μ m) av polymerelektrolyt, exvis poly(oxymetylen-oligo(oxyetylen)) (POMOE) komplexerad i metanol med KI and I₂, 10:1 molar, med O/Li i förhållande 25. Denna polymerelektrolyt deponeras med indunstning eller spin coating. Tillsammans används nu denna struktur som kontakt till en halvledande fotoelektrod för att bygga fotoelektrokemiska celler.

)

)

)

)

Patent krav

1. Komponenter baserade på konjugerade polymerer i elektrokemiska system vilka utnyttjar förändringar i polymerernas elektriska, optiska, kemiska, elektrokemiska och mekaniska egenskaper, karakteriserade av att de konjugerade polymererna förefinns som tunna skikt, varav åtminstone ett skikt är i kontakt med ett isolerande substrat och åtminstone ett i kontakt med en elektrolyt, *karakteriserade av att det första skiktet fungerar som strömbärare i alla elektrokemiska tillstånd.*
2. Komponenter enligt krav 1, karakteriserade av att de konjugerade polymerfilmerna är mono- eller multilager av konjugerade homopolymerer, sampaolymerer eller polymerblandningar, *karakteriserade av att det understa lageret i kontakt med det isolerande substratet är en homo- eller sampaolymer som innehåller monomeren etylendioxotiofen och dess substituerade former.*
3. Komponenter enligt krav 2, där det elektrokemiska systemet är en elektrokrom komponent för modulation av transmission, *karakteriserade av att polymerskiktet är i fysisk kontakt med ett skikt av polymerelektrolyt, och där detta skikt åtminstone delvis är i direkt kontakt med en joninterkalerande motelektrod.*
4. Komponenter enligt krav 2, där det elektrokemiska systemet är en elektrokrom komponent för modulation av reflektans, och där polymerskiktet är i fysisk kontakt med ett skikt av ljusspridande polymerelektrolyt, *karakteriserade av att detta skikt åtminstone delvis är i direkt kontakt med en joninterkalerande motelektrod.*
5. Komponenter enligt krav 2, *karakteriserade av att polymerskiktet är i fysisk kontakt med ett skikt av polymerelektrolyt i vilket skikt rörliga redoxföreningar är lösta.*
6. Komponenter enligt krav 2, *karakteriserade av att det elektrokemiska systemet är en superkapacitans med polymer katod och polymer anod, och där elektrolyten är en vätskeformad elektrolyt eller polymerelektrolyt.*

7. Komponenter enligt krav 2, *karakteriserade av att* det elektrokemiska systemet är ett sekundär batteri med en polymer katod, där elektrolyten är en tunn film av en polymerelektrolyt, och där anoden är en lithiumiminjicerande kolförening, en n-dopad konjugerad polymer, eller lithium eller en av dess legeringar.

8. Komponenter enligt krav 2, *karakteriserade av att* det elektrokemiska systemet är en elektrokemimekanisk aktuator med en polymerelektrod i kontakt med en elektrolyt, vätskeformig eller i fast fas, , och där åtminstone delar av polymerelektroden kan utvidgas respektive kontrahera genom elektrokemisk oxidation / reduktion.

9 Komponenter enligt krav 2, *karakteriserade av att* homopolymererna, sampa polymererna och polymerblandningarna inkluderar ickesubstituterade och substituerade former av monomerer från tiofen, fenylenvinylen, parafenylen, pyrrol, furan, selenofen och anilin familjerna.